

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-245439

(43)Date of publication of application : 19.09.1995

(51)Int.Cl.

H01S 3/094

H01S 3/07

H01S 3/17

(21)Application number : 06-033533

(71)Applicant : MITSUBISHI CABLE IND LTD

(22)Date of filing : 03.03.1994

(72)Inventor : OKUYAMA TAKASHI

YOSHIDA MINORU

OMAE TOSHIKAZU

TANAKA HIROYUKI

IMADA YOSHIYUKI

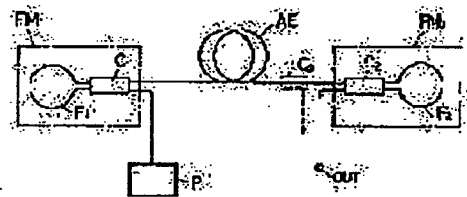
MORISHITA KATSUMI

## (54) OPTICAL FIBER LASER

## (57)Abstract

**PURPOSE:** To generate a laser beam of linear polarization stably without performing polarization control especially by a comparatively simple structure, by making the laser beam go and return between first and second optical fiber mirror sections.

**CONSTITUTION:** A first optical fiber mirror section FM1 has a wavelengthdependent optical fiber coupler C1, and excitation light is caused to pass without being changed, but the light of the wavelength of a laser beam is equally branched half by half and emitted. And each one end of a pair of optical fibers constituting this wavelength-dependent optical fiber coupler C1 is connected to each other into a loop through the medium of an optical fiber F1. On the other hand, a second optical fiber mirror section FM has a polarization-dependent optical fiber coupler C2, and only the light of a specific polarization angle of a laser beam is equally branched half by half and emitted. And each one end on the same side of a pair of optical fibers constituting this polarization-dependent fiber coupler C2 is connected to each other into a loop through the medium of an optical fiber F2.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 27.02.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3415916

[Date of registration] 04.04.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

## **JP07245439A2: OPTICAL FIBER LASER**

Optical-fibre laser - has optical amplifier which is installed between two optical mirrors to perform laser oscillation to enable two-way reflection between optical mirrors

**OKUYAMA TAKASHI;  
YOSHIDA MINORU;  
OMAE TOSHIKAZU;  
TANAKA HIROYUKI;  
IMADA YOSHIYUKI;  
MORISHITA KATSUMI;**

**mitsubishi cable ind ltd**

**1995-09-19 / 1994-03-03**

**PURPOSE:** To generate a laser beam of linear polarization stably without performing polarization control especially by a comparatively simple structure, by making the laser beam go and return between first and second optical fiber mirror sections.

**CONSTITUTION:** A first optical fiber mirror section FM1 has a wavelength-dependent optical fiber coupler C1, and excitation light is caused to pass without being changed, but the light of the wavelength of a laser beam is equally branched half by half and emitted. And each one end on the same side of a pair of optical fibers constituting this wavelength-dependent optical fiber coupler C1 is connected to each other into a loop through the medium of an optical fiber F1. On the other hand, a second optical fiber mirror section FM2 has a polarization-dependent optical fiber coupler C2, and only the light of a specific polarization angle of a laser beam is equally branched half by half and emitted. And each one end on the same side of a pair of optical fibers constituting this polarization-dependent fiber coupler C2 is connected to each other into a loop through the medium of an optical fiber F2.

### **DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the optical fiber laser using the optical fiber amplifier which amplifies light according to the induced emission effectiveness as a laser medium.

[0002]

[Description of the Prior Art] Generally as solid state laser, the glass rod which doped rare earth elements etc. is used as a laser medium, this laser medium is inserted, and there are some which have arranged the reflecting mirror of a pair and constituted the resonator of Fabry-Perot.

[0003] However, with this kind of equipment, since an optical axis is made in agreement, respectively and it is necessary to arrange a laser medium and a reflecting mirror spatially, an assembly is troublesome, and also enlarges equipment and becomes expensive.

[0004] So, with the conventional technique, the optical fiber laser of a configuration as shown in drawing 9 is offered.

[0005] This optical fiber laser is the thing using the optical fiber amplifier AE which comes to dope rare earth elements, such as Er, in the core of an optical fiber as a laser medium, to this optical fiber amplifier AE, the optical fiber coupler calcium for multiplexing, the optical fiber coupler Cb for branching, and the isolator I of a

polarization-independent type are connected in the shape of a ring one by one through optical fiber F of a single mode, and the optical resonator is constituted. In addition, P is the excitation light source which consists of a laser diode etc.

[0006] The optical fiber amplifier AE is excited by the excitation light introduced through the optical fiber coupler calcium from the excitation light source P, and this optical fiber laser starts laser oscillation, and is gradually amplified because the light induced emission was carried out [ light ] by this goes the inside of this optical resonator around. And a part of amplified laser beam is taken out out of a system through the optical fiber coupler Cb for optical branching.

[0007] The optical fiber laser of a configuration of being shown in drawing 9 has a high output to the top where structure is comparatively easy as compared with the usual semiconductor laser etc., moreover the features that the wavelength band of laser oscillation is large are in it, and, for this reason, use of the source of a signal of wavelength multiple telecommunication etc. is considered.

[0008] On the other hand, the laser beam emitted from the usual solid state laser has a polarization property, and has a coherency. On the other hand, the laser beam emitted from the optical fiber laser of the above-mentioned configuration cannot specify a polarization condition on the relation which spreads the inside of the optical fiber in a ring-like optical resonator.

[0009] Since coherence is low (about [ of a linearly polarized wave ]  $1/2$ ), it becomes impossible therefore, for the laser beam by which outgoing radiation is carried out from the optical fiber laser of a configuration of being shown in drawing 9 to apply this optical fiber laser as it is to various kinds of devices using the coherence of an old laser beam. For example, although the coherence of a laser beam is used in a length measuring machine, holography, and a heterodyne detector, application to these equipments becomes difficult.

[0010] So, with the conventional technique, the thing of a configuration of having prepared the polarizer is offered in the middle of the optical resonator of the shape of a ring shown in drawing 9 in order to give a polarization property to the laser beam by which outgoing radiation is carried out from optical fiber laser (for example, refer to JP,5-327096,A).

[0011]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, though a polarizer is arranged in the middle of a ring-like optical resonator, since an optical fiber is not directly connectable to a polarizer, it is necessary to perform optical association by inserting the module which combined optical elements, such as a lens and a polarizing plate, into an optical resonance circuit.

[0012] That is, when arranging optical elements, such as a lens and a polarizing plate, spatially, since optical-axis doubling etc. is still required, inclusion tends to produce the drift resulting from temperature fluctuation etc., and it is not only troublesome, but lacks in long term stability.

[0013] Moreover, with the configuration which prepared the polarizer, there is a possibility that the polarization angle may shift by the time it goes around after passing a polarizer, and it passes a polarizer again, only by making a laser beam go around the inside of the optical resonator of that in which a laser beam comes to have a polarization property. And when a polarization angle shifts, in order not to pass a polarizer, laser

oscillation does not continue but a possibility of stopping also has it.

[0014] Therefore, in preparing a polarizer, the polarization controlling element for combining with this and making the polarization angle after the circumference in agreement is further needed, and it complicates a configuration.

[0015] This invention was made in order to solve the above-mentioned trouble, and even if it does not perform especially polarization control in the optical fiber laser using the optical fiber amplifier which amplifies light according to the induced emission effectiveness as a laser medium as a comparatively easy configuration is also, it makes it a technical problem for the laser beam of a linearly polarized wave to be stabilized and to make it generated.

[0016]

[Means for Solving the Problem] The optical fiber coupler which comes to carry out fusion splicing of the optical fiber of a pair is adjusting the amount of extensions in the case of fusion splicing etc., and it is known that a wavelength dependency and a polarization dependency can be given (for example, Applied Optics, Vol. 22 No. 3 p484-491, 1983, JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY VOL9, and NO.11 NOVEMBER 1991 p 1503-1506).

[0017] Carry out an isotomous division, and if the above-mentioned optical fiber coupler connects mutually the both ends by the side of the same of each optical fiber in the shape of a loop formation when it has 3dB property which carries out outgoing radiation of the incident light to two optical fibers, moreover, due to phase matching It is known that the light which carried out incidence from one optical fiber will act as a reflector which as it is often carries out outgoing radiation from the optical fiber of the same incidence edge. (For example, JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY VOL6, NO.7 JULY1988 p1217-1224) .

[0018] This invention takes the next configuration, in order to have been made paying attention to this event and to solve an above-mentioned technical problem.

[0019] Namely, the optical fiber laser concerning this invention While connecting the 1st optical fiber mirror section and the 2nd optical fiber mirror section according to an individual, respectively and forming an optical resonator before and after that to the optical fiber amplifier which amplifies light according to the induced emission effectiveness It comes to connect with said 1st optical fiber mirror section the excitation light source which generates excitation light. Said 1st optical fiber mirror section Although the light of the wavelength of excitation light makes it pass, while carrying out the isotomous division of the light of the wavelength of a laser beam every  $[2 / 1/]$  and equipping it with the wavelength-dependent optical fiber coupler which carries out outgoing radiation The one end section by the side of the same of the optical fiber of the pair which constitutes this wavelength-dependent optical fiber coupler is mutually connected in the shape of a loop formation, and it is constituted. Moreover, said 2nd optical fiber mirror section While having the polarization-dependent optical fiber coupler which carries out the isotomous division only of the light of the specific polarization angle of a laser beam every  $[2 / 1/]$ , and carries out outgoing radiation, the one end section by the side of the same of the optical fiber of the pair which constitutes this polarization-dependent optical fiber coupler is mutually connected in the shape of a loop formation, and it is constituted.

[0020]

[Function] In the above-mentioned configuration, the excitation light from the excitation light source is introduced into the 1st optical fiber mirror section which constitutes an optical resonator. Since the wavelength-dependent optical fiber coupler which constitutes the 1st optical fiber mirror section passes the light of the wavelength of excitation light as it is, this excitation light is introduced into an optical fiber amplifier, and an optical fiber amplifier is excited by this.

[0021] And the laser beam produced by the induced emission of an optical fiber amplifier is introduced into the 1st and 2nd optical fiber mirror section, respectively.

[0022] The isotomous division of the laser beam introduced into the 1st optical fiber mirror section is carried out every  $[2 / 1]$  by the wavelength-dependent optical fiber coupler, and each branched laser beam is again introduced into a wavelength-dependent optical fiber coupler. At this time, due to phase matching, it is multiplexed and outgoing radiation of the branched laser beam is carried out from the optical fiber by the side of the same incidence. That is, the 1st optical fiber mirror section will act as a reflector to a laser beam. And the laser beam reflected in the 1st optical fiber mirror section is again introduced into an optical fiber amplifier, and is amplified.

[0023] On the other hand, the isotomous division of the laser beam introduced into the 2nd optical fiber mirror section is carried out by the polarization-dependent optical fiber coupler every  $[2 / 1]$ , and, as for each branched laser beam, only the light of the specific polarization angle is again introduced into a polarization-dependent optical fiber coupler by it. At this time, due to phase matching, it is multiplexed and outgoing radiation of the branched laser beam is carried out from the optical fiber by the side of the same incidence. That is, the 2nd optical fiber mirror section will act as a reflector only to the laser beam of a specific polarization angle. And the laser beam reflected in the 2nd optical fiber mirror section is again introduced into an optical fiber amplifier, and is amplified.

[0024] In this way, the laser beam of the specific polarization angle reflected in the 1st and 2nd optical fiber mirror section, respectively is repeatedly amplified by the optical fiber amplifier, laser oscillation is continued, and some of the laser beams are taken out outside.

[0025] In this laser oscillation, since a laser beam is not made to go around within the optical resonator of the shape of a loop formation like before but a laser beam is made to go between the 1st and 2nd optical fiber mirror sections, even if it does not carry out especially polarization control, the polarization angle in each location is in agreement by going, coming and attributing the same optical path length's outward trip, and the same optical path of a return trip. Therefore, the laser beam of a linearly polarized wave will be stabilized and outgoing radiation will be carried out.

[0026]

[Example] Drawing 1 is the block diagram of the optical fiber laser concerning the example of this invention.

[0027] The optical fiber laser of this example is equipped with the optical fiber amplifier AE which amplifies light according to the induced emission effectiveness, to this optical fiber amplifier AE, the 1st optical fiber mirror section FM 1 and the 2nd optical fiber mirror section FM 2 are connected according to an individual before and behind that, respectively, and the optical resonator of Fabry-Perot is constituted, and the excitation light source P which generates excitation light is connected to the 1st optical fiber mirror section FM 1.

[0028] The above-mentioned optical fiber amplifier AE amplifies light according to the induced emission effectiveness, and is formed by doping rare earth elements, such as Er and Nd, in the inside of the core of an optical fiber, or the periphery section of a core for example. And for example, when Er is doped, the laser beam of fixed wavelength  $\lambda_L$  (=1.55-micrometer band) is emitted by induced emission.

[0029] Moreover, in this example, the excitation light source P consists of semiconductor laser, such as a laser diode, and generates the excitation light of fixed wavelength  $\lambda_P$  (this example 1.48 micrometers).

[0030] The 1st optical fiber mirror section FM 1 has the wavelength-dependent optical fiber coupler C1. A wavelength dependency is given so that the isotomous division of the light of wavelength [ of laser beam ]  $\lambda_L$  may be carried out every [ 2 / 1/ ] and outgoing radiation may be carried out, although it is made to pass as it is, without the light of wavelength [ of excitation light ]  $\lambda_P$  branching as shown in drawing 3 by carrying out fusion splicing of the side face of the optical fibers F11 and F12 of a pair, becoming, as the this wavelength-dependent optical fiber coupler C1 is shown in drawing 2 , and adjusting the amount of extensions in the case of fusion splicing etc.

[0031] That is, in drawing 2 , although it passes as it is between the edges of \*-\*\* or \*\*-\* about the excitation light of wavelength  $\lambda_P$ , without branching in any way when sign \*\* - \*\* are attached to each edge of the optical fibers F11 and F12 of the pair which constitutes the wavelength-dependent optical fiber coupler C1, respectively, light does not pass between the edges of \*-\*\* or \*\*-\*.

[0032] On the other hand, about the laser beam of wavelength  $\lambda_L$ , when incidence is carried out from the edge of \*- or \*\*, an isotomous division is carried out to the terminal of \*\* and \*\* every [ 2 / 1/ ], and outgoing radiation is carried out to it, respectively. That is, to the incident light of wavelength  $\lambda_L$ , it has 3dB property.

[0033] And in this example, one end section [ by the side of the same (left-hand side of drawing 2 ) ] \*\* of the optical fibers F11 and F12 of the pair which constitutes this wavelength-dependent optical fiber coupler C1, and \*\* are mutually connected in the shape of a loop formation through the optical fiber F1 of a single mode. Furthermore, other-end section \*\* of an optical fiber F11 is connected to the optical fiber amplifier AE, and other-end section \*\* of an optical fiber F12 is connected to the excitation light source P, respectively.

[0034] In addition, even if it does not use the optical fiber F1 of a single mode, it is also possible to compare directly the optical fiber F11 and F12 comrades which constitute the wavelength-dependent optical fiber coupler C1, and to connect in the shape of a loop formation.

[0035] On the other hand, the 2nd optical fiber mirror section FM 2 has the polarization-dependent optical fiber coupler C2. This polarization-dependent optical fiber coupler C2 is what carries out fusion splicing of the side face of the optical fibers F21 and F22 of a pair, and becomes, as shown in drawing 5 . A polarization dependency is given so that the isotomous division only of the light of the linearly polarized wave which has the specific polarization angles  $\theta_1$  and  $\theta_2$  (however,  $\theta_1 - \theta_2 = 180$  degree) may be carried out every [ 2 / 1/ ] and it may carry out outgoing radiation among light with wavelength  $\lambda_L$  of a laser beam by adjusting the amount of extensions in the case of fusion splicing etc., as shown in drawing 6 .

[0036] When sign \*\* - \*\* are attached in drawing 5 to each edge of the optical fibers F21

and F22 of the pair which constitutes the polarization-dependent optical fiber coupler C2, respectively, namely, among light with wavelength  $\lambda_L$  of a laser beam. About the light of a linearly polarized wave with the specific polarization angles  $\theta_1$  and  $\theta_2$ , when incidence is carried out from the edge of \*\* or \*\*, an isotomous division is carried out to the terminal of \*\* and \*\* every  $[2/1]$ , and outgoing radiation is carried out to it, respectively. That is, it is set up so that it may have 3dB property to the light which has the specific polarization angles  $\theta_1$  and  $\theta_2$  of the incident light of wavelength  $\lambda_L$ .

[0037] And in this example, one end section [ by the side of the same (right-hand side of drawing 5) ] \*\* of the optical fibers F21 and F22 of the pair which constitutes this polarization-dependent optical fiber coupler C2, and \*\* are mutually connected in the shape of a loop formation through the optical fiber F2 of a single mode. Furthermore, other-end section \*\* of an optical fiber F21 is connected to the optical fiber amplifier AE, and let other-end section \*\* of an optical fiber F22 be the outgoing radiation edge out of a laser beam.

[0038] In addition, even if it does not use the optical fiber F2 of a single mode, it is also possible to compare directly the optical fiber F21 and F22 comrades which constitute the polarization-dependent optical fiber coupler C2, and to connect in the shape of a loop formation.

[0039] Next, an operation of the laser oscillation of the optical fiber laser of the above-mentioned configuration is explained.

[0040] The excitation light of fixed wavelength  $\lambda_P$  (this example 1.48 micrometers) generated from the excitation light source P is introduced into the 1st optical fiber mirror section FM 1 which constitutes an optical resonator.

[0041] In this case, although excitation light is inputted in this example from end section [ of the optical fiber F12 which constitutes the wavelength-dependent optical fiber coupler C1 ] \*\*, without branching with the optical fiber coupler C1, that excitation light passes through each edge of \*\* of an optical fiber F12, and \*\*, folds it with an optical fiber F1, passes through each edge of \*\* of an optical fiber F11, and \*\* to \*\*\*\*\* and a pan, and is introduced into them at the optical fiber amplifier AE.

[0042] And the laser beam produced by the induced emission of the optical fiber amplifier AE excited with this excitation light is introduced into the 1st and 2nd optical fiber mirror sections FM1 and FM2, respectively.

[0043] In this case, although a laser beam will be inputted about the 1st optical fiber mirror section FM-1 from end section [ of the optical fiber F12 which constitutes the wavelength-dependent optical fiber coupler C1 ] \*\*, the isotomous division of this laser beam is carried out every  $[2/1]$  with each optical fibers F11 and F12, respectively, and outgoing radiation is carried out from each edge \*\* and \*\*, respectively. And the laser beam by which outgoing radiation of the laser beam by which outgoing radiation was carried out from one edge \*\* was carried out to other-end section \*\* from other-end section \*\* through the optical fiber F1 again is inputted into one edge \*\* through the same optical fiber F1, respectively.

[0044] At this time, the laser beam which had branched to two is the relation of phase matching, and outgoing radiation is carried out from edge [ of the same optical fiber F11 as having been multiplexed and having carried out incidence of the laser beam previously ] \*\*. That is, if the luminous intensity which carries out incidence of the light

of many wavelength from terminal [ of an optical fiber F11 ] \*\*, and carries out outgoing radiation from the same edge \*\* is investigated, as shown in drawing 4 , the light of wavelength  $\lambda_L$  of a laser beam will be taken out preferentially. That is, the 1st optical fiber mirror section FM 1 will act as a reflector to the laser beam of wavelength  $\lambda_L$ .

[0045] In this way, the laser beam reflected in the 1st optical fiber mirror section FM 1 is again introduced into the optical fiber amplifier AE, and is amplified.

[0046] Although a laser beam will be inputted about the 2nd optical fiber mirror section FM 2 on the other hand from end section [ of the optical fiber F21 which constitutes the polarization-dependent optical fiber coupler C2 ] \*\* The light of the linearly polarized wave which has the specific polarization angles  $\theta_1$  and  $\theta_2$  (however,  $\theta_1 - \theta_2 = 180$  degree) of this laser beam branches with each optical fibers F21 and F22 preferentially, and outgoing radiation is carried out from each edge \*\* and \*\*, respectively. And the laser beam by which outgoing radiation of the laser beam by which outgoing radiation was carried out from one edge \*\* was carried out to other-end section \*\* from other-end section \*\* through the optical fiber F2 again is inputted into one edge \*\* through the same optical fiber F2, respectively.

[0047] At this time, the laser beam which had branched to two is the relation of phase matching, and outgoing radiation is carried out from edge [ of the same optical fiber F21 as having been multiplexed and having carried out incidence of the laser beam previously ] \*\*. That is, if the luminous intensity which carries out incidence of the light of a circularly-polarized wave from edge [ of an optical fiber F21 ] \*\*, and carries out outgoing radiation from the same edge \*\* is investigated, as shown in drawing 7 , the light of the linearly polarized wave in which a phase has polarization angles  $\theta_1$  and  $\theta_2$  different 180 degrees will be taken out preferentially. That is, the 2nd optical fiber mirror section FM 2 will act as a reflector to the light of the linearly polarized wave which has the polarization angles  $\theta_1$  and  $\theta_2$ .

[0048] In this way, the laser beam of the linearly polarized wave reflected in the 2nd optical fiber mirror section FM 2 is again introduced into the optical fiber amplifier AE, and is amplified. And the laser beam of the linearly polarized wave reflected, respectively in the 1st and 2nd optical fiber mirror sections FM1 and FM2 is repeatedly amplified by the optical fiber amplifier AE, and laser oscillation is continued.

[0049] In this laser oscillation, in order to carry out both-way reflection of the laser beam not among a thing which makes a laser beam go around within the optical resonator of the shape of a conventional ring shown in drawing 9 but among the 1st and 2nd optical fiber mirror sections FM [ FM1 and ] 2, even if it does not carry out especially polarization control, it is stabilized and the laser beam of a linearly polarized wave can be taken out.

[0050] For example, as shown in drawing 8 , when the amplitude of the direction component which intersects perpendicularly the amplitude of the one direction component of a laser beam with  $a_X$  and this is set to  $a_Y$  and the laser beam of a linearly polarized wave is reflected in the 2nd optical fiber mirror section FM 2, it will be in the polarization condition of the continuous-line location for example, in this drawing. and on the outward trip which results in the 1st optical fiber mirror section FM 1, this laser beam + When it presupposes that a gap of the polarization angle of  $\Delta\theta$  arises (it shifts to the broken-line location in this drawing), When this laser beam is reflected in



this 1st optical fiber mirror section FM 1, since a gap of the polarization angle of  $\Delta\theta$  arises conversely, in the return trip which results in the 2nd optical fiber mirror section FM 2, a gap of a polarization angle is offset by carrying out both-way reflection of the same optical-path top (it returns to the continuous-line location in this drawing). Therefore, only the laser beam of the linearly polarized wave which has the specific polarization angles  $\theta_1$  and  $\theta_2$  (however,  $\theta_1 - \theta_2 = 180$  degree) repeats laser oscillation.

[0051] Here, as mentioned above, although the light of a linearly polarized wave is reflected, the reflection factor is about 70%, and the 2nd optical fiber mirror section FM 2 is taken out from terminal [ of an optical fiber F22 ] \*\* outside through an outgoing end out, without reflecting about 30 remaining% with the polarization-dependent optical fiber coupler C2.

[0052] In addition, what is necessary is just to prepare the filter which cuts wavelength  $\lambda_P$  of this excitation light between the 2nd optical fiber mirror section FM 2 and the outgoing radiation edge out, in making this excitation light unnecessary although outgoing radiation also of the excitation light (wavelength  $\lambda_P$ ) is carried out through an outgoing end out from terminal [ of the optical fiber F22 which constitutes the 2nd optical fiber mirror section FM 2 ] \*\*.

[0053] Light other than what has the specific polarization angles  $\theta_1$  and  $\theta_2$  among laser beams (wavelength  $\lambda_L$ ) moreover, at the beginning [ of laser oscillation ] of initiation Although outgoing radiation is carried out through an outgoing end out from terminal [ of the optical fiber F22 which constitutes the 2nd optical fiber mirror section FM 2 ] \*\* According to laser oscillation being continued, those light is decreased gradually, only the light of the linearly polarized wave which has the specific polarization angles  $\theta_1$  and  $\theta_2$  is amplified alternatively, and outgoing radiation of them is carried out.

[0054] In addition, although he is trying to take out a laser beam from the outgoing radiation edge out of the 2nd optical fiber mirror section FM 2 in the above-mentioned example, as the broken line of drawing 1 shows, it is also possible to consider as a configuration which forms the optical fiber coupler C3 and takes out a laser beam from this optical fiber coupler C3 separately.

[0055]

[Effect of the Invention] Since laser oscillation is made to perform by preparing the 1st and 2nd optical fiber mirror section, and carrying out both-way reflection between both the mirrors sections in the optical fiber laser using the optical fiber amplifier which amplifies light as a laser medium according to the induced emission effectiveness according to this invention, it can be stabilized and the laser beam of a linearly polarized wave can be generated.

[0056] Moreover, since space optical system, such as a lens, is not used for the optical fiber laser of this configuration but only an optical fiber is used for it as an optical element, it is very easy an assembly and it is excellent also in stability.

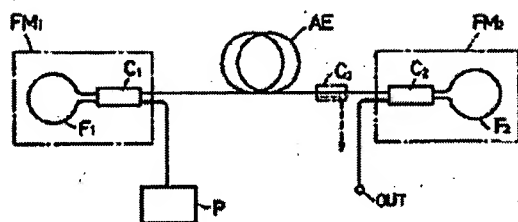
[0057] Furthermore, since a polarization controlling element like before is also unnecessary, a configuration is still easier and becomes the thing of a low price.

Claim(s)]

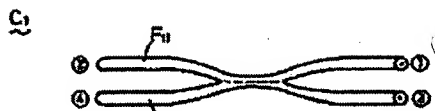
[Claim 1] While connecting the 1st optical fiber mirror section and the 2nd optical fiber

mirror section according to an individual before and behind that, respectively and constituting an optical resonator to the optical fiber amplifier which amplifies light according to the induced emission effectiveness. It comes to connect with said 1st optical fiber mirror section the excitation light source which generates excitation light. Said 1st optical fiber mirror section. Although the light of the wavelength of excitation light makes it pass, while carrying out the isotomous division of the light of the wavelength of a laser beam every  $[2 / 1]$  and equipping it with the wavelength-dependent optical fiber coupler which carries out outgoing radiation. The one end section by the side of the same of the optical fiber of the pair which constitutes this wavelength-dependent optical fiber coupler is connected mutually, and it is constituted. Said 2nd optical fiber mirror section. While having the polarization-dependent optical fiber coupler which carries out the isotomous division only of the light of the specific polarization angle of a laser beam every  $[2 / 1]$ , and carries out outgoing radiation it connects mutually and the one end section by the side of the same of the optical fiber of the pair which constitutes this polarization-dependent optical fiber coupler is constituted -- having -- \*\*\*\*\* -- the optical fiber laser characterized by things.

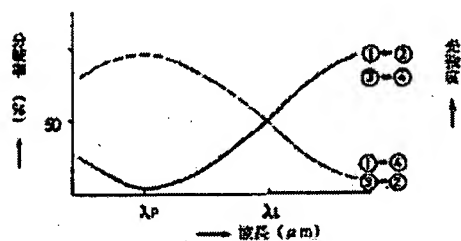
【图1】



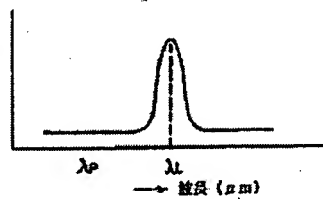
【图2】



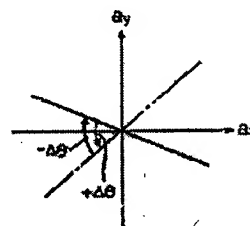
【图3】



【图4】

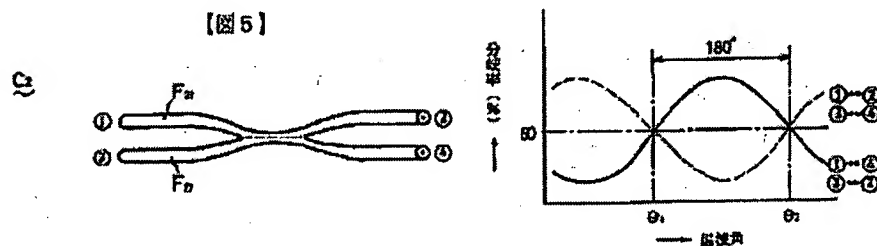


【图8】

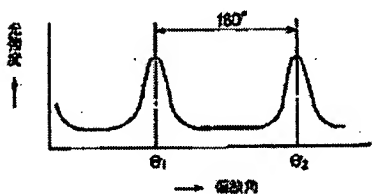


【图6】

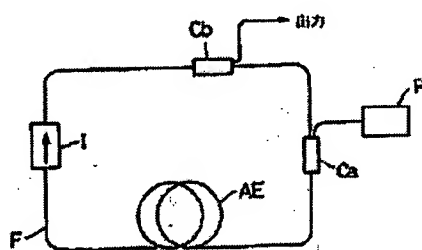
【图5】



【图7】



【图9】



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-245439

(43) 公開日 平成7年(1995)9月19日

(51) Int. Cl. <sup>4</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 S	3/094			
	3/07			
	3/17			
			H 0 1 S	3/ 094
				Z
審査請求 未請求 請求項の数1 OL (全 7 頁)				

(21) 出願番号 特願平6-33533

(22) 出願日 平成6年(1994)3月3日

(71) 出願人 000003263

三菱電線工業株式会社

兵庫県尼崎市東向島西之町8番地

(72) 発明者 奥山 昌志

兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線  
工業株式会社伊丹製作所内

(72) 発明者 吉田 実

兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線  
工業株式会社伊丹製作所内

(72) 発明者 御前 俊和

兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線  
工業株式会社伊丹製作所内

(74) 代理人 弁理士 岡田 和秀

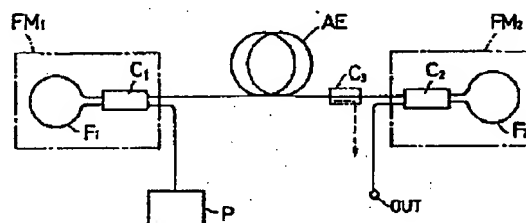
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光ファイバレーザ

(57) 【要約】

【目的】 誘導放出効果によって光を増幅する光ファイバ増幅素子をレーザ媒体として用いた光ファイバレーザにおいて、比較的簡単な構成でもって直線偏波のレーザ光が安定して発生されるようにする。

【構成】 光ファイバ増幅素子A Eの前後に、第1、第2光ファイバミラー部F M<sub>1</sub>、F M<sub>2</sub>を設け、両ミラー部F M<sub>1</sub>、F M<sub>2</sub>間でレーザ光を往復反射させることでレーザ発振を行わせる。この場合、第1光ファイバミラー部F M<sub>1</sub>は、波長依存型の光ファイバカップラC<sub>1</sub>を有し、この光ファイバカップラC<sub>1</sub>を構成する一対の光ファイバF<sub>11</sub>、F<sub>12</sub>の同一側の片端部を互いに接続して構成する。また、第2光ファイバミラー部F M<sub>2</sub>は、偏波依存型の光ファイバカップラC<sub>2</sub>を有し、この光ファイバカップラC<sub>2</sub>を構成する一対の光ファイバF<sub>21</sub>、F<sub>22</sub>の同一側の片端部を互いに接続して構成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 誘導放出効果により光を増幅する光ファイバ増幅素子に対して、その前後に第1光ファイバミラー部と第2光ファイバミラー部とをそれぞれ個別に接続して光共振器を構成するとともに、前記第1光ファイバミラー部に励起光を発生する励起光源を接続してなり、前記第1光ファイバミラー部は、励起光の波長の光は通過させるがレーザ光の波長の光は1/2ずつ等分岐して出射する波長依存型の光ファイバカプラを備えるとともに、この波長依存型光ファイバカプラを構成する一対の光ファイバの同一側の片端部を互いに接続して構成され、

前記第2光ファイバミラー部は、レーザ光の特定の偏波角の光のみを1/2ずつ等分岐して出射する偏波依存型の光ファイバカプラを備えるとともに、この偏波依存型光ファイバカプラを構成する一対の光ファイバの同一側の片端部を互いに接続して構成され、

ていることを特徴とする光ファイバレーザ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、誘導放出効果により光を増幅する光ファイバ増幅素子をレーザ媒体として用いた光ファイバレーザに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 一般に、固体レーザとしては、希土類元素等をドープしたガラスロッドをレーザ媒体とし、このレーザ媒体を挟んで、一対の反射鏡を配置してファブリペロー型の共振器を構成したものがあ

る。【0003】 しかし、この種の装置では、レーザ媒体や反射鏡をそれぞれ光軸を一致させて空間的に配置する必要があるため、組み立てが面倒で、また、装置も大型化し、高価になる。

【0004】 そこで、従来技術では、図9に示すような構成の、光ファイバレーザが提供されている。

【0005】 この光ファイバレーザは、光ファイバのコア中にEr等の希土類元素をドープしてなる光ファイバ増幅素子A Eをレーザ媒体として用いたもので、この光ファイバ増幅素子A Eに対して、合波用光ファイバカプラCa、分岐用光ファイバカプラCb、および偏波無依存型のアイソレータIを単一モードの光ファイバFを介して順次リング状に接続して光共振器が構成されている。なお、Pはレーザダイオード等からなる励起光源である。

【0006】 この光ファイバレーザは、励起光源Pから光ファイバカプラCaを介して導入された励起光によって光ファイバ増幅素子A Eが励起され、これによって誘導放出された光が、この光共振器内を周回することでレーザ発振を起こして次第に増幅される。そして、増幅されたレーザ光の一部が光分岐用光ファイバカプラCbを介して系外に取り出される。

【0007】 図9に示す構成の光ファイバレーザは、構造が比較的簡単である上に、通常の半導体レーザ等と比較して出力が高く、しかも、レーザ発振の波長帯域が広いという特長があり、このため、波長多重通信の信号源などの利用が考えられている。

【0008】 一方、通常の固体レーザから放出されるレーザ光は、偏波特性があり、可干渉性をもつ。これに対して、上記構成の光ファイバレーザから放出されるレーザ光は、リング状の光共振器内の光ファイバ中を伝播する関係上、偏波状態を特定することができない。

【0009】 したがって、図9に示す構成の光ファイバレーザから出射されるレーザ光は、干渉性が低いので（直線偏波の1/2程度）、今までのレーザ光の干渉性を利用した各種の機器に対して、この光ファイバレーザをそのまま適用することができなくなる。たとえば、測長器、ホログラフィ、ヘテロダイン検波器等ではレーザ光の干渉性を利用しているが、これらの装置への適用が困難となる。

【0010】 そこで、従来技術では、光ファイバレーザから出射されるレーザ光に偏波特性をもたせるために、たとえば、図9に示したリング状の光共振器の途中に、偏光子を設けた構成のものが提供されている（たとえば、特開平5-327096号公報参照）。

## 【0011】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、リング状の光共振器の途中に偏光子を配置するとしても、偏光子に対して直接に光ファイバを接続することはできないので、レンズや偏光板等の光学素子を組み合わせたモジュールを光共振器内に挿入することにより、光学的な結合を行う必要がある。

【0012】 つまり、レンズや偏光板等の光学素子を空間的に配置する上で、依然として光軸合わせ等が必要であるために、組み込みが面倒であるばかりでなく、温度変動等に起因したドリフトを生じ易く、長期安定性に欠ける。

【0013】 また、偏光子を設けた構成では、レーザ光が偏波特性をもつようになるものの、光共振器内をレーザ光を単に周回させるだけでは、偏光子を通過してから一周して再び偏光子を通過するまでの間に、その偏波角がずれるおそれがある。そして、偏波角がずれた場合には、偏光子を通過しなくなるためレーザ発振が継続せず、停止してしまうおそれもある。

【0014】 したがって、偏光子を設ける場合には、これに併せて周回後の偏波角を一致させるための偏波制御素子がさらに必要となり、構成が複雑化する。

【0015】 本発明は、上記の問題点を解決するためになされたもので、誘導放出効果によって光を増幅する光ファイバ増幅素子をレーザ媒体として用いた光ファイバレーザにおいて、比較的簡単な構成でもって、偏波制御を特に行わなくても直線偏波のレーザ光が安定して発生

されるようにすることを課題とする。

#### 【0016】

【課題を解決するための手段】 一対の光ファイバを融着接続してなる光ファイバカブラは、融着接続の際の延伸量等を加減することで、波長依存性や偏波依存性をもたし得ることが知られている(たとえば、Applied Optics, Vol. 22 No. 3 p484~491, 1983、JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY VOL9, NO. 11 NOVEMBER 1991 p1503~1506)。

【0017】 また、上記光ファイバカブラが、入射光を2本の光ファイバに等分岐して出射する3dB特性を有する場合において、各光ファイバの同一側の両端部を互いにループ状に接続すれば、位相整合の関係で、一方の光ファイバから入射した光は、そのまま同じ入射端の光ファイバから出射する反射器として作用することが知られている(たとえば、JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY VOL6, NO. 7 JULY 1988 p1217~1224)。

【0018】 本発明は、かかる事象に着目してなされたもので、上述の課題を解決するために、次の構成を採る。

【0019】 すなわち、本発明に係る光ファイバレーザは、誘導放出効果により光を増幅する光ファイバ増幅素子に対して、その前後に第1光ファイバミラー部と第2光ファイバミラー部とをそれぞれ個別に接続して光共振器を形成するとともに、前記第1光ファイバミラー部に励起光を発生する励起光源を接続してなり、前記第1光ファイバミラー部は、励起光の波長の光は通過させるがレーザ光の波長の光は1/2ずつ等分岐して出射する波長依存型の光ファイバカブラを備えるとともに、この波長依存型光ファイバカブラを構成する一対の光ファイバの同一側の片端部を互いにループ状に接続して構成され、また、前記第2光ファイバミラー部は、レーザ光の特定の偏波角の光のみを1/2ずつ等分岐して出射する偏波依存型の光ファイバカブラを備えるとともに、この偏波依存型光ファイバカブラを構成する一対の光ファイバの同一側の片端部を互いにループ状に接続して構成されている。

#### 【0020】

【作用】 上記構成において、励起光源からの励起光は、光共振器を構成する第1光ファイバミラー部に導入される。第1光ファイバミラー部を構成する波長依存型光ファイバカブラは、励起光の波長の光をそのまま通過するので、この励起光が光ファイバ増幅素子に導入され、これによって光ファイバ増幅素子が励起される。

【0021】 そして、光ファイバ増幅素子の誘導放出により生じたレーザ光は、第1、第2光ファイバミラー部にそれぞれ導入される。

【0022】 第1光ファイバミラー部に導入されたレーザ光は、波長依存型光ファイバカブラによって1/2ずつ等分岐され、分岐された各々のレーザ光は、再び波長

依存型光ファイバカブラに導入される。このとき、位相整合の関係で、分岐されていたレーザ光は合波されて同じ入射側の光ファイバから出射される。つまり、第1光ファイバミラー部は、レーザ光に対して反射器として作用することになる。そして、第1光ファイバミラー部で反射されたレーザ光は、再び光ファイバ増幅素子に導入されて増幅される。

【0023】 一方、第2光ファイバミラー部に導入されたレーザ光は、偏波依存型光ファイバカブラによってその特定の偏波角の光のみが1/2ずつ等分岐され、分岐された各々のレーザ光は、再び偏波依存型光ファイバカブラに導入される。このとき、位相整合の関係で、分岐されていたレーザ光は合波されて同じ入射側の光ファイバから出射される。つまり、第2光ファイバミラー部は、特定の偏波角のレーザ光に対してのみ反射器として作用することになる。そして、第2光ファイバミラー部で反射されたレーザ光は、再び光ファイバ増幅素子に導入されて増幅される。

【0024】 こうして、第1、第2光ファイバミラー部でそれぞれ反射された特定の偏波角のレーザ光が光ファイバ増幅素子で繰り返し増幅されて、レーザ発振が継続され、その一部のレーザ光が外部に取り出される。

【0025】 このレーザ発振では、従来のようなループ状の光共振器内でレーザ光を周回させるのではなく、第1、第2光ファイバミラー部間でレーザ光を往復させるので、特に偏波制御をしなくても、同一光路長の往路と復路の同一光路を行き来きすることで各位置での偏波角が一致する。したがって、直線偏波のレーザ光が安定して出射されることになる。

#### 【0026】

【実施例】 図1は本発明の実施例に係る光ファイバレーザの構成図である。

【0027】 この実施例の光ファイバレーザは、誘導放出効果により光を増幅する光ファイバ増幅素子AEを備え、この光ファイバ増幅素子AEに対して、その前後に第1光ファイバミラー部FM<sub>1</sub>と第2光ファイバミラー部FM<sub>2</sub>とをそれぞれ個別に接続してファブリペロー型の光共振器が構成されており、また、第1光ファイバミラー部FM<sub>1</sub>には励起光を発生する励起光源Pが接続されている。

【0028】 上記の光ファイバ増幅素子AEは、誘導放出効果により光を増幅するものであって、たとえば、Er、Ndなどの希土類元素を光ファイバのコア中またはコアの外周部にドーピングすることにより形成される。そして、たとえば、Erをドーピングした場合には、誘導放出により一定波長 $\lambda_L$ (=1.55 $\mu$ m帯)のレーザ光が放出される。

【0029】 また、励起光源Pは、本例ではレーザダイオード等の半導体レーザで構成され、一定波長 $\lambda_P$ (本例では1.48 $\mu$ m)の励起光を発生する。

【0030】第1光ファイバミラー部 $FM_1$ は、波長依存型光ファイバカプラ $C_1$ を有する。この波長依存型光ファイバカプラ $C_1$ は、図2に示すように、一対の光ファイバ $F_{11}$ 、 $F_{12}$ の側面を融着接続してなるもので、融着接続の際の延伸量等を加減することで、図3に示すように、励起光の波長 $\lambda_1$ の光は分岐することなくそのまま通過させるがレーザー光の波長 $\lambda_2$ の光は1/2ずつ等分岐して出射するように、波長依存性をもたせたものである。

【0031】すなわち、図2において、波長依存型光ファイバカプラ $C_1$ を構成する一対の光ファイバ $F_{11}$ 、 $F_{12}$ の各端部に対してそれぞれ符号①～④を付したとき、波長 $\lambda_1$ の励起光については、①～②または③～④の端部間では、何等分岐されることなくそのまま通過するが、①～④または③～②の端部間では、光が通過しない。

【0032】これに対して、波長 $\lambda_2$ のレーザー光については、①または③の端部から入射された場合には、②と④の端子にそれぞれ1/2ずつ等分岐されて出射される。つまり、波長 $\lambda_2$ の入射光に対しては3dB特性をもつ。

【0033】そして、本例では、この波長依存型光ファイバカプラ $C_1$ を構成する一対の光ファイバ $F_{11}$ 、 $F_{12}$ の同一側(図2の左側)の片端部②、④が、単一モードの光ファイバ $F_1$ を介して互いにループ状に接続されている。さらに、光ファイバ $F_{11}$ の他方の端部①が光ファイバ増幅素子 $AE$ に、光ファイバ $F_{12}$ の他方の端部③が励起光源 $P$ にそれぞれ接続されている。

【0034】なお、単一モードの光ファイバ $F_1$ を用いなくても、波長依存型光ファイバカプラ $C_1$ を構成する光ファイバ $F_{11}$ 、 $F_{12}$ 同士を直接に突き合わせてループ状に接続することも可能である。

【0035】一方、第2光ファイバミラー部 $FM_2$ は、偏波依存型の光ファイバカプラ $C_2$ を有する。この偏波依存型光ファイバカプラ $C_2$ は、図5に示すように、一対の光ファイバ $F_{21}$ 、 $F_{22}$ の側面を融着接続してなるもので、融着接続の際の延伸量等を加減することで、図6に示すように、レーザー光の波長 $\lambda_2$ をもつ光の内、特定の偏波角 $\theta_1$ 、 $\theta_2$ (ただし、 $\theta_1 - \theta_2 = 180^\circ$ )を有する直線偏波の光のみを1/2ずつ等分岐して出射するように、偏波依存性をもたせたものである。

【0036】すなわち、図5において、偏波依存型光ファイバカプラ $C_2$ を構成する一対の光ファイバ $F_{21}$ 、 $F_{22}$ の各端部に対してそれぞれ符号①～④を付したとき、レーザー光の波長 $\lambda_2$ をもつ光の内、特定の偏波角 $\theta_1$ 、 $\theta_2$ をもつ直線偏波の光については、①または③の端部から入射された場合には、②と④の端子にそれぞれ1/2ずつ等分岐されて出射される。つまり、波長 $\lambda_2$ の入射光の内の特定の偏波角 $\theta_1$ 、 $\theta_2$ を有する光に対しては3dB特性をもつように設定されている。

【0037】そして、本例では、この偏波依存型光ファイバカプラ $C_2$ を構成する一対の光ファイバ $F_{21}$ 、 $F_{22}$ の同一側(図5の右側)の片端部②、④が、単一モードの光ファイバ $F_2$ を介して互いにループ状に接続されている。さらに、光ファイバ $F_{21}$ の他方の端部①が光ファイバ増幅素子 $AE$ に接続され、光ファイバ $F_{22}$ の他方の端部③は、レーザー光の出射端outとされる。

【0038】なお、単一モードの光ファイバ $F_2$ を用いなくても、偏波依存型光ファイバカプラ $C_2$ を構成する光ファイバ $F_{21}$ 、 $F_{22}$ 同士を直接に突き合わせてループ状に接続することも可能である。

【0039】次に、上記構成の光ファイバレーザーのレーザー発振の作用について説明する。

【0040】励起光源 $P$ から発生された一定波長 $\lambda_1$ (本例では $1.48\mu m$ )の励起光は、光共振器を構成する第1光ファイバミラー部 $FM_1$ に導入される。

【0041】この場合、本例では、波長依存型光ファイバカプラ $C_1$ を構成する光ファイバ $F_{11}$ の一端部③から励起光が入力されるが、その励起光は、光ファイバカプラ $C_1$ で分岐されることなく、光ファイバ $F_{11}$ の③、④の各端部を通過して光ファイバ $F_1$ で折り返えされ、さらに、光ファイバ $F_{11}$ の②、①の各端部を通過して光ファイバ増幅素子 $AE$ に導入される。

【0042】そして、この励起光で励起された光ファイバ増幅素子 $AE$ の誘導放出によって生じたレーザー光は、第1、第2光ファイバミラー部 $FM_1$ 、 $FM_2$ にそれぞれ導入される。

【0043】この場合、第1光ファイバミラー部 $FM_1$ については、波長依存型光ファイバカプラ $C_1$ を構成する光ファイバ $F_{11}$ の一端部①からレーザー光が入力されることになるが、このレーザー光は、各光ファイバ $F_{11}$ 、 $F_{12}$ でそれぞれ1/2ずつ等分岐されて各端部②、④からそれぞれ出射される。そして、一方の端部②から出射されたレーザー光は、光ファイバ $F_1$ を介して他方の端部④に、また、他方の端部④から出射されたレーザー光は、同じ光ファイバ $F_1$ を介して一方の端部②にそれぞれ入力される。

【0044】このとき、2つに分岐されていたレーザー光は、位相整合の関係で、合波されて先にレーザー光を入射したのと同じ光ファイバ $F_{11}$ の端部①から出射される。つまり、光ファイバ $F_{11}$ の端子①から多波長の光を入射して、同じ端部①から出射する光の強度を調べると、図4に示すように、レーザー光の波長 $\lambda_2$ の光が優先的に取り出される。つまり、第1光ファイバミラー部 $FM_1$ は、波長 $\lambda_2$ のレーザー光に対して反射器として作用することになる。

【0045】こうして、第1光ファイバミラー部 $FM_1$ で反射されたレーザー光は、再び光ファイバ増幅素子 $AE$ に導入されて増幅される。

【0046】一方、第2光ファイバミラー部 $FM_2$ につ

いては、偏波依存型光ファイバカプラC<sub>2</sub>を構成する光ファイバF<sub>21</sub>の一端部①からレーザ光が入力されることになるが、このレーザ光の内の特定の偏波角 $\theta_1$ 、 $\theta_2$ （ただし、 $\theta_1 - \theta_2 = 180^\circ$ ）を有する直線偏波の光が優先的に各光ファイバF<sub>21</sub>、F<sub>22</sub>で分岐されて各端部②、④からそれぞれ出射される。そして、一方の端部②から出射されたレーザ光は、光ファイバF<sub>2</sub>を介して他方の端部④に、また、他方の端部④から出射されたレーザ光は、同じ光ファイバF<sub>2</sub>を介して一方の端部②にそれぞれ入力される。

【0047】このとき、2つに分岐されていたレーザ光は、位相整合の関係で、合波されて先にレーザ光を入射したのと同じ光ファイバF<sub>21</sub>の端部①から出射される。つまり、光ファイバF<sub>21</sub>の端部①から円偏波の光を入射して、同じ端部①から出射する光の強度を調べると、図7に示すように、位相が $180^\circ$ 異なる偏波角 $\theta_1$ 、 $\theta_2$ をもつ直線偏波の光が優先的に取り出される。つまり、第2光ファイバミラー部FM<sub>2</sub>は、偏波角 $\theta_1$ 、 $\theta_2$ を有する直線偏波の光に対して反射器として作用することになる。

【0048】こうして、第2光ファイバミラー部FM<sub>2</sub>で反射された直線偏波のレーザ光は、再び光ファイバ増幅素子AEに導入されて増幅される。そして、第1、第2光ファイバミラー部FM<sub>1</sub>、FM<sub>2</sub>でそれぞれ反射された直線偏波のレーザ光が光ファイバ増幅素子AEで繰り返し増幅されて、レーザ発振が継続される。

【0049】このレーザ発振では、図9に示した従来のリング状の光共振器内でレーザ光を同回させるようなものではなく、第1、第2光ファイバミラー部FM<sub>1</sub>、FM<sub>2</sub>間でレーザ光を往復反射させるため、特に偏波制御をしなくても、直線偏波のレーザ光を安定して取り出すことができる。

【0050】たとえば、図8に示すように、レーザ光の一方成分の振幅を $a_1$ 、これに直交する方向成分の振幅を $a_2$ としたとき、第2光ファイバミラー部FM<sub>2</sub>で直線偏波のレーザ光が反射された場合には、たとえば同図中の実線位置の偏光状態となる。そして、このレーザ光は、第1光ファイバミラー部FM<sub>1</sub>に至る往路では、 $+\Delta\theta$ の偏波角のずれが生じるとしたとき（同図中の破線位置に移行）、この第1光ファイバミラー部FM<sub>1</sub>でこのレーザ光が反射された場合、第2光ファイバミラー部FM<sub>2</sub>に至る復路では、逆に $-\Delta\theta$ の偏波角のずれが生じるので、同一光路上を往復反射することで偏波角のずれが相殺される（同図中の実線位置に戻る）。したがって、特定の偏波角 $\theta_1$ 、 $\theta_2$ （ただし、 $\theta_1 - \theta_2 = 180^\circ$ ）を有する直線偏波のレーザ光のみがレーザ発振を繰り返す。

【0051】ここで、第2光ファイバミラー部FM<sub>2</sub>は、前述のように、直線偏波の光を反射するが、その反射率は70%程度であり、残りの30%程度は、偏波

依存型光ファイバカプラC<sub>2</sub>で反射されることなく、光ファイバF<sub>22</sub>の端子③から出力端outを介して外部に取り出される。

【0052】なお、励起光（波長 $\lambda_1$ ）も、第2光ファイバミラー部FM<sub>2</sub>を構成する光ファイバF<sub>22</sub>の端子③から出力端outを介して出射されるが、この励起光を不要とする場合には、たとえば、第2光ファイバミラー部FM<sub>2</sub>と出射端outとの間に、この励起光の波長 $\lambda_1$ をカットするフィルタを設ければよい。

10 【0053】また、レーザ光（波長 $\lambda_1$ ）の内、特定の偏波角 $\theta_1$ 、 $\theta_2$ を有するもの以外の光も、レーザ発振の開始当初は、第2光ファイバミラー部FM<sub>2</sub>を構成する光ファイバF<sub>22</sub>の端子③から出力端outを介して出射されるものの、レーザ発振が継続されるのに従って、それらの光は次第に減衰し、特定の偏波角 $\theta_1$ 、 $\theta_2$ を有する直線偏波の光のみが選択的に増幅されて出射される。

20 【0054】なお、上記の実施例では、第2光ファイバミラー部FM<sub>2</sub>の出射端outからレーザ光を取り出すようにしているが、図1の破線で示すように、別途、光ファイバカプラC<sub>2</sub>を設け、この光ファイバカプラC<sub>2</sub>からレーザ光を取り出すような構成とすることも可能である。

【0055】

【発明の効果】本発明によれば、誘導放出効果によって光を増幅する光ファイバ増幅素子をレーザ媒体として用いた光ファイバレーザにおいて、第1、第2光ファイバミラー部を設け、両ミラー部間で往復反射させることでレーザ発振を行わせるので、直線偏波のレーザ光を安定して発生させることができる。

30 【0056】また、この構成の光ファイバレーザは、レンズ等の空間光学系を使用せず、光ファイバのみを光学素子として使用するため、組み立てが極めて容易であり、かつ、安定性にも優れている。

【0057】さらに、従来のような偏波制御素子も不要であるため、構成が一層簡単で、低価格のものとなる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例に係る光ファイバレーザの構成図である。

【図2】本発明の実施例に係る光ファイバレーザを構成する第1光ファイバミラー部に含まれる波長依存型光ファイバカプラの構成図である。

40 【図3】図2の波長依存型光ファイバカプラの分岐率の波長依存特性を示す特性図である。

【図4】図2の波長依存型光ファイバカプラにおいて、一つの端部から入出射される光強度の波長依存性を示す特性図である。

【図5】本発明の実施例に係る光ファイバレーザを構成する第2光ファイバミラー部に含まれる偏波依存型光ファイバカプラの構成図である。

50 【図6】図5の偏波依存型光ファイバカプラの分岐率の偏波依存特性を示す特性図である。



【図7】図5の偏波依存型光ファイバカプラにおいて、一つの端部から入射される光強度の偏波依存性を示す特性図である。

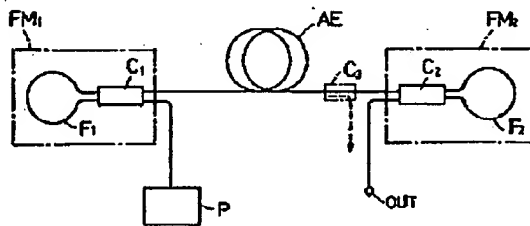
【図8】図1の光ファイバレーザにおいて、特定の偏波角を有する直線偏波のレーザ光を取り出せることを説明するための図である。

【図9】従来のループ型の光共振器を有する光ファイバレーザの構成図である。

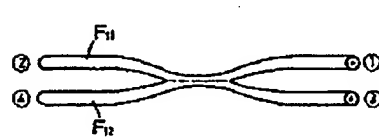
\*【符号の説明】

AE…光ファイバ増幅素子、FM<sub>1</sub>…第1光ファイバミラー部、FM<sub>2</sub>…第2光ファイバミラー部、C<sub>1</sub>…波長依存型光ファイバカプラ、C<sub>2</sub>…偏波依存型光ファイバカプラ、P…励起光源、F<sub>11</sub>、F<sub>12</sub>…波長依存型光ファイバカプラを構成する各光ファイバ、F<sub>21</sub>、F<sub>22</sub>…偏波依存型光ファイバカプラを構成する各光ファイバ。

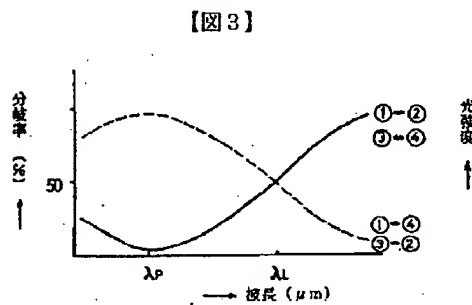
【図1】



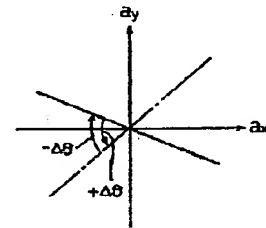
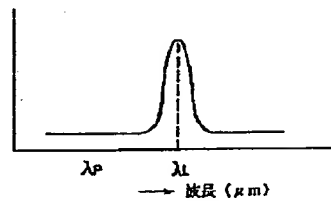
【図2】



【図3】

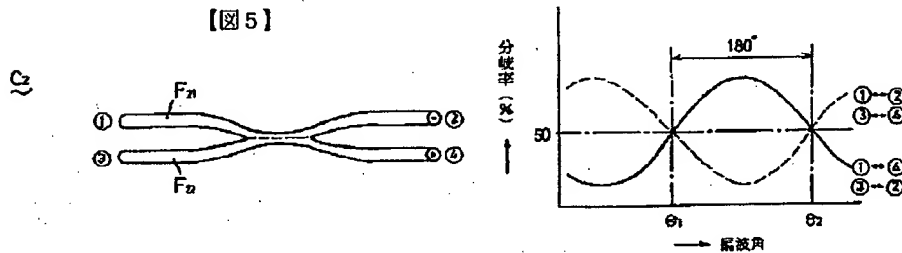


【図4】

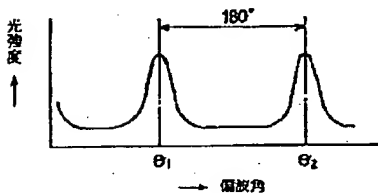


【図6】

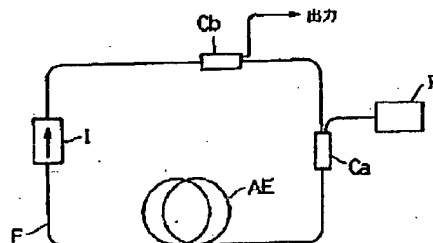
【図5】



【図7】



【図9】



## フロントページの続き

(72)発明者 田中 紘幸  
兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線  
工業株式会社伊丹製作所内

(72)発明者 今田 善之  
兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線  
工業株式会社伊丹製作所内  
(72)発明者 森下 克己  
京都府京都市伏見区白銀町958の4